

О. О. МИРОШНИК, В. В. ЧЕРКАШИНА, В. Г. ПАЗІЙ, А. В. ДИШЛЕВСЬКИЙ

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗБИТКІВ ВІД ПОШКОДЖЕНЬ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Виконано аналіз методів пошуку аварійних пошкоджень в розподільних лініях з урахуванням їх структури. Запропоновано методику, яка дозволяє визначити збитки від аварійних пошкоджень.

Ключові слова: аварійні пошкодження, розподільні мережі, пошук місця пошкодження.

О. О. МИРОШНИК, В. В. ЧЕРКАШИНА, В. Г. ПАЗІЙ, А. В. ДИШЛЕВСЬКИЙ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УБЫТКОВ ОТ ПОВРЕЖДЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Выполнен анализ методов поиска аварийных повреждений в распределительных линиях с учетом их структуры. Предложена методика, которая позволяет определить ущерб от аварийных повреждений.

Ключевые слова: аварийные повреждения, распределительные сети, поиск места повреждения.

О. О. MIROSHNYK, V. V. CHERKASHYNA, V. H. PAZIY, A. V. DYSHLEVS'KYI

IMPROVEMENT OF METHODS FOR DETERMINING DAMAGES FROM DAMAGE IN DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS

The analysis of methods of search of accidents damages in distribution lines with the account of their structure is executed. A methodology is proposed, which allows to determine damage from accidental damage. The choice of the optimal strategy for diagnosing accidental damage depends on the structural construction of the distribution electrical grids and their technical and economic characteristics.

Keywords: emergency damage, distribution networks, search for damage.

Вступ. Переважно розподільні електричні мережі (електромережі) виконані як радіальні та несекціоновані, а трансформаторні підстанції підключаються глухим відгалуженням від магістралі лінії. Також в розподільних електромережах практично відсутні пункти автоматичного вводу резерву (ПАВР) та пункти автоматичного секціонування мережі (ПАС), комутаційними апаратами, здатними вимикати струми коротких замикань в мережі, є масляні (вакуумні) вимикачі, як правило, встановлені в розподільних пристроях (РП) районних трансформаторних підстанцій (РТП) 35/10 кВ, а по магістралі повітряної лінії (ПЛ) та на відгалуженнях від неї встановлюють секціонувальні роз'єднувачі, для оперування якими необхідно виїжджати оперативно-виїзній бригаді (ОВБ), але лише після попереднього зняття напруги з лінії. Тому у разі пошкодження будь-якої ділянки ПЛ вимикання лінії здійснюється автоматично за командою релейного захисту вимикачем, встановленим в комірці ПЛ на РТП, в голові лінії, в результаті на час пошуку пошкодження та виконання ремонтних робіт будуть залишатись знеструмленими всі трансформаторні підстанції 10/0,4 кВ, які отримують живлення від вимкненої лінії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Характерною особливістю розподільних електромереж є низький рівень автоматизації післяаварійних комутацій, які мали б забезпечити локалізацію пошкодженого елемента чи ділянки мережі та відновлення електропостачання знеструмлених внаслідок аварії (на певній ділянці) споживачів, тому в сільських розподільних мережах

будь-яке три- або двофазне стійке к.з. призводить до вимикання лінії та повного знеструмлення приєднаних споживачів [1, 2].

Тривалість вимкненого стану усіх або частини споживачів аварійно вимкненої ПЛ визначається тривалістю виконання усіх або частини необхідних операцій, а саме:

- визначення місця пошкодження;
 - локалізації ушкодженої ділянки мережі;
 - вмикання резерву (якщо існує технічна можливість);
 - виконання ремонтних операцій.
- Специфіка розподільних електромереж вимагає розробки методів діагностики пошкоджень та розрахунку надійності, які б враховували технічні характеристики цих мереж, зокрема
- переїзди та переходи вздовж траси лінії;
 - стан доріг вздовж ПЛ, особливості місцевості, природні перешкоди;
 - особливості вимог техніки безпеки.

Пошук місця пошкодження в лінії може здійснюватись проведенням послідовних операцій поділу лінії (за допомогою встановлених в ній роз'єднувачів) та наступною пробною подачею напруги до тих пір, доки не буде виявлено пошкоджену ділянку. Вибір стратегії пошуку місця пошкодження (послідовності місць поділу лінії) може бути різним:

- з метою першочергової і якнайшвидшої подачі напруги відповідальним споживачам;
- з метою мінімізації недовідпуску електроенергії;
- на основі статистичної інформації про

найслабкіші з точки зору надійності місця лінії;

- вимикання роз'єднувачем починають з середини лінії з подальшим рівномірним поділом лінії;

- послідовна схема, яка передбачає поділ лінії роз'єднувачами в порядку збільшення відстані від РТП до місця їх установки (починаючи з найближчих до центру живлення комутаційних апаратів з послідовним віддаленням від нього) [3].

За відсутності в розподільних електромережах пунктів автоматичного секціонування і ПАВР у разі аварійного вимикання ПЛ релейним захистом з неуспішним автоматичним повторним вимкненням (АПВ) відбувається знеструмування приєднаних до лінії споживачів. В такому разі процес відновлення електропостачання формується діями ОБВ, а за необхідності і залученого ремонтного персоналу.

Диспетчер району розподільних електричних мереж отримує інформацію про вимкнення лінії:

- каналами телесигналізації (ТС);
- від чергового РТП;
- від знеструмлених споживачів.

Після вимкнення релейним захистом вимикача в голові лінії на РТП необхідно виконати пробне вмикання черговим на підстанції або за його відсутності - оперативно-виїзною бригадою.

У разі неуспішного вмикання бригада починає проводити діагностичні операції для виявлення пошкодженої ділянки лінії та виконання оперативних перемикань з метою її локалізації і, за можливості, відновлення електропостачання частини вимкненої мережі, яка може бути відокремлена від аварійної ділянки і отримувати живлення від основного або резервного джерела.

До цих операцій відносяться:

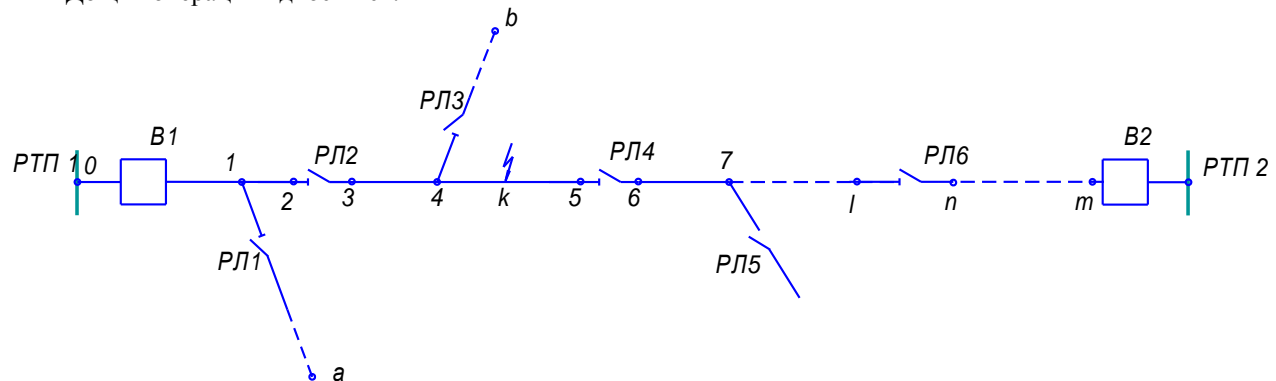


Рис. 1 – Радіальна розгалужена ПЛ розподільної електромережі

Для аналізу ефективності методів та моделей діагностування аварійних пошкоджень в розподільних лініях, вибору стратегій пошуку місця пошкодження слід розглянути основні варіанти структурної побудови мереж та їхні техніко-економічні характеристики за умов різних варіантів аварійних пошкоджень в лініях.

- поділ лінії вимиканням одного із встановлених на ній роз'єднувачів;

- випробування частини лінії пробною подачею на неї напруги шляхом вмикання вимикача для визначення наявності пошкодження на ній;

- локалізація пошкодженої ділянки шляхом вимикання роз'єднувачів, які вилучать цю ділянку із схеми лінії;

- подача напруги на інші ділянки лінії з боку основного та резервного джерел живлення.

Мета статті. Удосконалити методику визначення збитків від пошкоджень в розподільних лініях та розподільних електромережах в цілому з урахуванням їх структури.

Основні матеріали дослідження. Найчастіше в експлуатації для пошуку пошкодження в аварійно вимкненій лінії застосовується метод послідовного поділу лінії лінійними роз'єднувачами і пробного вмикання, починаючи з найближчого до центру живлення. До інших стратегій пошуку пошкодження належать, наприклад, мінімізація невідпуску електроенергії споживачам електромережі за процес діагностування пошкодження або спосіб якнайшвидшого відновлення електропостачання найвідповідальніших споживачів.

На рис. 3.1 показана схема ПЛ, яка живиться від РТП1, комутується масляним (вакуумним) вимикачем В1, має три відгалуження від магістралі з секціонувальними роз'єднувачами РЛ1, РЛ3 та РЛ5. В магістралі лінії встановлено два секціонувальних роз'єднувача РЛ2 та РЛ4, в кінці магістралі встановлено роз'єднувач РЛ6 (в нормальному режимі знаходиться у розімкненому стані) для забезпечення можливості подачі на лінію резервного живлення від іншого джерела – РТП2, по повітряній лінії, яка приєднана до шин цієї підстанції через вимикач В2.

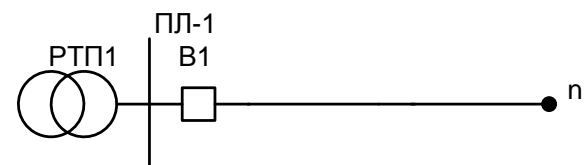


Рис. 2 – Схематичне представлення розподільної ПЛ

Проаналізуємо наслідки аварійних пошкоджень (к.з.) в такій повітряній лінії (рис. 3.2), що обладнана лише секціонувальними роз'єднувачами для поділу лінії під час пошуку пошкоджень та виконання

ремонтних робіт, оперування якими має здійснюватись без напруги. Лінія не має ні ПАС, ні ПАВР.

Міжфазне к.з. на будь-якій ділянці лінії призводить до вимикання струму к.з. за командою РЗ вимикачем В1 в голові лінії – лінія втрачає живлення.

При цьому очікувані річні збитки від недовідпуску електроенергії споживачам визначаються за виразом:

$$Z = P_{\Sigma} \cdot y_p \cdot t, \quad (1)$$

де P_{Σ} – активна потужність споживання приєднаних до лінії споживачів електроенергії;

y_p – питомі збитки від перерв в електропостачанні, грн/(кВт·год);

t – тривалість аварійно вимкненого стану розподільних ліній

$$t = \alpha \cdot l_{\Sigma}, \quad (2)$$

α – питома річна тривалість аварійно вимкненого стану розподільних ліній, (год/рік·км);

l_{Σ} – сумарна довжина вимкненої лінії.

Питома річна тривалість аварійно вимкненого стану розподільних ліній визначається з урахуванням [4]

$$\alpha = \lambda \tau,$$

де λ – частота аварійних вимикань, (рік км)⁻¹;

τ – статистична оцінка тривалості аварійних вимикань, год.

Отже, в загальному випадку річні збитки від недовідпуску електроенергії внаслідок знеструмлення з урахуванням питомої річної тривалості аварійно вимкненого стану розподільних ліній можна оцінити за виразом

$$Z = P_{\Sigma} l_{\Sigma} y_p \alpha,$$

(3)

Якщо аналізуються очікувані витрати часу на діагностичні заходи з пошуку місця пошкодження на кожному кроці процесу пошуку пошкодження в конкретній схемі лінії, то для розрахунку очікуваних збитків від недовідпуску електроенергії споживачам за час виконання діагностичних заходів у разі к.з. можна користуватись виразом

$$Z = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^l P_i \cdot y_p \cdot t_j \right),$$

(4)

де P_i – активна потужність i -го знеструмленого споживача;

m – кількість переїздів ОВБ в процесі пошуку пошкодження в лінії;

$g - l$ – ділянки мережі, знеструмлені на час переїздів ОВБ та виконання комутаційних перемикачів на кожному кроці процесу пошуку пошкодження в лінії від 1 до m ;

t_j – витрати часу на діагностичні заходи з пошуку місця пошкодження на кожному j -му кроці процесу пошуку пошкодження в лінії,

$$t_j = \frac{L_j}{V_j}, \quad (5)$$

L_j – загальний шлях, який необхідно подолати ОВБ під час j -го переїзду в процесі виконання діагностичних операцій з пошуку пошкодження в лінії;

V_j – швидкість руху ОВБ під час j -го переїзду.

Оскільки стратегія пошуку передбачає об'їзд бригадою всієї лінії з послідовним виконанням операцій поділу її секціонувальними роз'єднувачами аж до моменту виявлення місця пошкодження, величина очікуваних експлуатаційних витрат на діагностичні заходи може знаходитись у досить широкому діапазоні, залежно від конфігурації лінії та місця к.з. в ній.

При цьому експлуатаційні витрати на пошук пошкодження складаються в основному з витрат на транспорт та витрат на заробітну платню персоналу ОВБ під час об'їзду ОВБ n ділянок лінії та виконання в електромережі m необхідних оперативних перемикачів:

$$B = (c \cdot g / 100 + a_a) \sum_{i=1}^n L_i + p \sum_{j=1}^m y_j T_j, \quad (6)$$

де c – вартість автомобільного пального, грн/л;

g – питомі витрати автомобільного пального, л/100 км;

a_a – амортизаційні відрахування на автотransпорт, грн/км;

L_i – відстань i -го переїзду ОВБ, км;

p – кількість членів бригади, осіб;

y_j – кількість умовних одиниць (у.о.) на виконання j -ї комутації мережі;

T_j – тариф на виконання j -ї комутаційної операції, грн/у.о.

Висновки. Діагностування аварійних пошкоджень в розподільних ПЛ, обладнаних лише секціонувальними роз'єднувачами, має здійснюватись на основі математичної моделі, що дає змогу виконати порівняння відповідних показників ефективності, величина яких враховує експлуатаційні витрати на пошук місця пошкодження та збитки від перерв електропостачання і залежить від розташування в лінії точки, де виникло пошкодження. Вибір оптимальної стратегії розвитку діагностування аварійних пошкоджень залежить від структурної побудови як ліній так розподільних електромереж в цілому та їх техніко-економічних характеристик.

Список літератури

1. Прусс В. Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В. Л. Прусс, В. В. Тисленко. - Л.: Энергоатомиздат, 1989.-209 с.
2. Пункт сетевого АВР с применением вакуумных реклоузеров РВА/TEL-10 / [А. С. Галичий, В. И. Рябоконов, В. Е. Лаврентев и др.].- Электрические сети и системы. – 2006. - №1. - С. 14-20.
3. Рейтер А. И. Определитель поврежденной линии при однофазных замыканиях на землю в сетях 6 – 35 кВ с изолированной нейтралью / А. И. Рейтер, Д. В. Батулько // Энергетик. – 2002. - № 4. – С. 40.
4. Праховник А. В. Информационно-измерительные системы в SMART GRIDS технологиях / А. В. Праховник, А. В. Волошко // Энергетика та електрифікація. – 2010. - № 9. – С. 43 – 48.

References (transliterated)

1. Pruss V. L. Povyishenie nadezhnosti selskikh elektricheskikh setey / V. L. Pruss, V. V. Tislenko. - L.: Energoatomizdat, 1989.-209 s.
2. Punkt setevogo AVR s primeneniem vakuumnykh rektouzerov PBA/TEL-10 / [A. C. Galichiy, V. I. Ryabokon, V. E. Lavrentev i dr.].- Elektricheskie seti i sistemy. - 2006. - №1. - S. 14-20.
3. Reyter A. I. Opredelitel povrezhdennoy linii pri odnofaznykh zamykaniyakh na zemlyu v setyah 6 – 35 kV s izolirovannoy neytralyu / A. I. Reyter, D. V. Batulko // Energetik. – 2002. - № 4. – S. 40.
4. Prahovnik A. V. Informatsionno-izmeritelnyie sistemy v SMART GRIDS tehnologiyah / A. V. Prahovnik, A. V. Voloshko // Energetika ta elektrifikatsiya. – 2010. - № 9. – S. 43 – 48.

Надійшла (received) 27.12.2017

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мірошник Олександр Олександрович (Мирошник Александр Александрович, Miroshnyk Oleksandr Oleksandrovych) – доктор технічних наук, професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ННІ ЕКТ ХНТУСГ ім. Петра Василенка, м. Харків; тел. (057) 712-34-32; e-mail: omiroshnyk@ukr.net.

Черкашина Вероніка Вікторівна (Черкашина Вероника Викторовна, Cherkashyna Veronika Viktorovna) – кандидат технічних наук, доцент кафедри передачі електричної енергії НТУ «ХПІ», м. Харків; тел. (057) 707-62-46; e-mail: veronika2473@gmail.com.

Пазій Володимир Григорович (Пазій Владимир Григорьевич, Paziу Volodymyr Grygorovych) – старший викладач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ННІ ЕКТ ХНТУСГ ім. Петра Василенка, м. Харків; тел. (057) 712-52-45; e-mail: pazziy@ukr.net.

Дишлевський Андрій Володимирович (Дишлевский Андрей Владимирович, Dyshlevsky Andriy Volodymyrovych) – студент ННІ ЕКТ ХНТУСГ ім. Петра Василенка, м. Харків; тел. (057) 712-34-32.

Укладач: С. О. Федорчук, аспірант.